

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>G 02 B 26/10  
21/00

識別記号

1 0 5

庁内整理番号

8507-2K  
7246-2K

⑭ 公開 平成4年(1992)5月20日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全8頁)

⑮ 発明の名称 走査光学系

⑯ 特 願 平2-269638

⑰ 出 願 平2(1990)10月9日

⑱ 発 明 者 山 本 満 則 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス光学工業株式会社内

⑲ 出 願 人 オリンパス光学工業株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

⑳ 代 理 人 弁理士 杉村 暁秀 外5名

## 明 細 書

1. 発明の名称 走査光学系

2. 特許請求の範囲

1. 光源と対物レンズとの間に配置され、該対物レンズを経て物体上に集光させる光源からの光を偏向して物体を走査する走査光学系において、前記光源からの光を第1の方向に偏向する第1の光偏向素子と、この第1の光偏向素子によって偏向された光を第1の方向とは直交する第2の方向に偏向する第2の光偏向素子と、これら第1の光偏向素子および第2の光偏向素子間に配置したアフォーカル光学系より成る瞳伝送光学系と、前記第1の光偏向素子、第2の光偏向素子および瞳伝送光学系の少なくとも一つを移動させる移動機構とを具え、

前記対物レンズの交換に応じて、前記第1の光偏向素子および第2の光偏向素子を、交換された対物レンズの瞳位置に対して共役な位置に調整し得るよう構成したことを特徴とする走査光学系。

2. 前記光源と前記第2の光偏向素子との間に、前記第2の光偏向素子に入射する光の光束径を変化させる光束径変換光学系を設けたことを特徴とする請求項1記載の走査光学系。

3. 前記移動機構による前記第1の光偏向素子、第2の光偏向素子および瞳伝送光学系の少なくとも一つの移動に伴う光軸変動を補正する手段を設けたことを特徴とする請求項1または2記載の走査光学系。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、光源からの光によって対物レンズを介して物体を走査する走査光学系に関する。

(従来の技術)

従来の走査光学系として、例えば第5図に示すようなものがある。この走査光学系は、光源1からのレーザビーム2によって対物レンズ3を経て試料4を光軸と直交する平面内で互いに直交するX、Y方向に走査して試料4を観察する走査型光学顕微鏡に適用したものである。光源1からのレ

ーザビーム2は、ビームエキスパンダ5によって必要な大きさのビーム径に拡大され、ビームスプリッタ6を透過して対物レンズ3の瞳位置と共役な位置に設けられた光偏向器7に入射し、ここで試料4上で例えばY方向に移動するように偏向される。

この光偏向器7で偏向されたレーザビーム2は、瞳伝送レンズ8および9を経て、同様に対物レンズ3の瞳位置と共役な位置に設けられた光偏向器10に入射し、ここで試料4上でY方向と直交するX方向に移動するように偏向される。その後、レーザビーム2は瞳投影レンズ11および結像レンズ12を経て対物レンズ3により試料4上に回折で制限されるスポットとして投射され、これにより試料4がX-Y走査されるようになっている。

ここで、試料4が透過物体の場合には、その透過光はコンデンサレンズ13を経て光検出器14で検出され、反射物体の場合には、その反射光は対物レンズ3、結像レンズ12、瞳投影レンズ11、光偏向器10、瞳伝送レンズ9,8 および光偏向器7を経

てビームスプリッタ6で反射され、集光レンズ15を経て光検出器16で検出されるようになっている。

第6図は光偏向器7から対物レンズ3までの光学系を拡大して示すものである。光偏向器7および10は対物レンズ3の瞳21の位置と共役な位置に配置されているので、光偏向器7,10で偏向されるレーザビーム2の中心は、軸外主光線と一致し、対物レンズ3の瞳21の中心を通る。また、軸上光線の上側光線22および下側光線23、軸外光線の上側光線24および下側光線25の高さも対物レンズ3の瞳21を過不足無く通過する。なお、第6図において、符号26は瞳投影レンズ11で光偏向器側に投影される対物レンズ3の瞳21の像を示す。

(発明が解決しようとする課題)

上述した従来の走査光学系においては、光偏向器7,10の位置が固定されているため、瞳投影レンズ11によって光偏向器7,10と共役な関係となる対物レンズ3の瞳21の位置が決まってしまう。ところが、瞳位置は対物レンズによって異なるため、従来の走査光学系では、第7図に示すように別の

対物レンズ30を使用すると、光偏向器7,10が対物レンズ30の瞳31の位置に対して共役な位置からずれてしまう。

このように、光偏向器7,10が対物レンズ30の瞳位置に対して共役な位置からずれると、第6図の場合とは異なって、光偏向器7,10で偏向されたレーザビーム2の中心が対物レンズ30の瞳31の中心を通らなくなると共に、軸上光線の上側光線22および下側光線23、軸外光線の上側光線24および下側光線25の高さも、対物レンズ30の瞳31の位置で一致しなくなる。

このため、第8図に瞳31上の光束の様子を示すように、軸上光線40は対物レンズ30の瞳31をはみ出すことなく通過するが、偏向された軸外光線41は対物レンズ30の瞳31からずれており、その瞳31からはみ出た斜線部の光42(第7図では軸外光線の下側光線25)は試料4に届かないことになる。この瞳31からはみ出る光の量は、偏向角が大きいほど多くなり、これがため周辺減光が生じるといふ問題がある。なお、第7図において、符号32は

瞳投影レンズ11で光偏向器側に投影される対物レンズ30の瞳31の像を示す。

また、上述した従来の走査光学系では、光偏向器7,10に入射する光束の大きさが一定であるため、対物レンズの交換によってその瞳の大きさが変化すると、第9図に示すように対物レンズの瞳31上で軸上光線50と軸外光線51との光束が瞳31よりも大きくなる場合があり、この場合には周辺減光は生じないが、光の利用効率が悪くなるという問題がある。

この発明は、このような従来の問題点に着目してなされたもので、その第1の目的は、対物レンズの交換によってその瞳位置のずれが生じて、それを容易に補正できるよう適切に構成した走査光学系を提供することにある。

また、第2の目的は、上記第1の目的に加え、対物レンズを交換しても、光源からの光を常に効率良く利用できるよう適切に構成した走査光学系を提供することにある。

〔課題を解決するための手段および作用〕

上記第1の目的を達成するため、この発明では、光源と対物レンズとの間に配置され、該対物レンズを経て物体上に集光させる光源からの光を偏向して物体を走査する走査光学系において、

前記光源からの光を第1の方向に偏向する第1の光偏向素子と、この第1の光偏向素子によって偏向された光を第1の方向とは直交する第2の方向に偏向する第2の光偏向素子と、これら第1の光偏向素子および第2の光偏向素子間に配置したアフォーカル光学系より成る瞳伝送光学系と、前記第1の光偏向素子、第2の光偏向素子および瞳伝送光学系の少なくとも一つを移動させる移動機構とを設け、

前記対物レンズの交換に応じて、前記第1の光偏向素子および第2の光偏向素子を、交換された対物レンズの瞳位置に対して共役な位置に調整し得るよう構成する。

また、上記第2の目的を達成するため、この発明では上記の構成に加え、前記光源と前記第2の

光偏向素子との間に、前記第2の光偏向素子に入射する光の光束径を変化させる光束径変換光学系を設け、これにより対物レンズを交換してもその瞳を光束が過不足無く通過するよう調整し得るよう構成する。

なお、上記の移動機構による第1の光偏向素子、第2の光偏向素子および瞳伝送光学系の少なくとも一つの移動に伴う光軸変動が生じる場合には、その光軸変動を補正する補正手段を設ける。

〔実施例〕

第1図AおよびBはこの発明の第1実施例を示すものである。この実施例は、第5図～第7図に示した光学系において、光偏向器7、像伝送レンズ8,9 および光偏向器10を有するアフォーカル光学系より成る走査光学系60全体を図示しない移動機構により光軸方向に移動可能に構成すると共に、この走査光学系60の手前に光束径変換光学系61を設けたものである。

第1図Aは、第7図に示したように対物レンズ30に交換したために、投影された対物レンズ30の

瞳31の像32の位置と光偏向器10の位置とが一致していない、すなわち光偏向器10と対物レンズ30の瞳31の位置とが共役の関係になっていない状態を示し、第1図Bは走査光学系60全体を移動させて、光偏向器10の位置と投影された対物レンズ30の瞳31の像32の位置とを一致させると共に、対物レンズ30の瞳31に光束が過不足無く入射するように、走査光学系60への入射光束径を光束径変換光学系61によりD1からD2に拡大した状態を示す。

このように、走査光学系60全体を移動可能に構成することにより、対物レンズの交換による瞳位置のずれを、光偏向器10の位置と投影される対物レンズ30の瞳31の像32の位置とが一致するように容易に補正することができ、これにより対物レンズ30の瞳31の位置で、軸上光線および軸外光線のそれぞれの上側光線および下側光線を一致させることができる。また、光束径変換光学系61を設けて走査光学系60への入射光束径を拡大、縮小できるようにしたので、対物レンズ30の瞳31に軸上光線62および軸外光線63を過不足無く入射させるこ

とができる。したがって、光源からのレーザービーム2を常に効率良く利用することができる。

第2図AおよびBは第1図に示す光束径変換光学系61の一例の構成を示すものである。この光束径変換光学系61は、レーザービーム2の進行方向に沿って順次配置した凸レンズ70と、X1～X2の間で連続的に移動可能な凹レンズ71と、X3～X4の間で連続的に移動可能な凸レンズ72と、凹レンズ73とを具える。

かかる構成において、第2図Aに示すように、凹レンズ71が位置X1に、凸レンズ72が位置X4にある場合には、入射光束は凸レンズ70で収束するが、凸レンズ70と凹レンズ71との間が狭いために光束径はあまり小さくならない。しかし、凹レンズ71と凸レンズ72との間が長いので、この間で光束は拡がり、凹レンズ73から出てくる光束の径d1は、入射光束径をdとすると、 $d < d1$ となる。

一方、第2図Bに示すように、凹レンズ71が位置X2に、凸レンズ72が位置X3にある場合には、光束が凸レンズ70と凹レンズ71との間、および凸レ

レンズ72と凹レンズ73との間でそれぞれ小さくなるために、凹レンズ73から出てくる光束の径 $d_2$ は、 $d > d_2$ となる。

したがって、凹レンズ71および凸レンズ72を移動させることにより、入射光束径 $d$ が一定でも、凹レンズ73から出射される光束の径を $d_1$ から $d_2$ まで連続的に変化させることができる。

第1実施例で示した走査光学系60は、瞳伝送レンズ8の後側焦点位置に瞳伝送レンズ9の前側焦点位置を一致させたアフォーカル光学系であり、また二つの光偏向器7,10は共役な関係になるようになっている。したがって、瞳伝送レンズ8に入射した平行光束は、瞳伝送レンズ9から出るときも平行光束となる。この場合のアフォーカル光学系の倍率 $\beta$ は、瞳伝送レンズ8および9の焦点距離を、それぞれ $f_1$ および $f_2$ とすると、

$$\beta = f_2 / f_1$$

となる。

また、二つの光偏向器7,10が共役な関係にあるということは、光偏向器7が瞳伝送レンズ8の前

側焦点位置に、光偏向器10が瞳伝送レンズ9の後側焦点位置に配置される構成となる。したがって、 $f_1$ および $f_2$ の一方または双方を変化させるようにすれば、光束径を変化させることができることになる。

以上のことを考慮し、この発明の第2実施例においては、走査光学系に光束径変換機能を持たせるようにする。

第3図AおよびBはかかる走査光学系の要部の一例の構成を示すもので、第1図A, Bに示すものと同じ構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。この走査光学系80は、第1図A, Bに示した走査光学系60において、瞳伝送レンズ8の代わりに凹レンズ81および凸レンズ82を有するレンズ群83を用いる。レンズ群83は、一体に移動可能に構成すると共に、その凹レンズ81および凸レンズ82を相対的に移動可能に構成する。また、光偏向器7も移動可能に構成すると共に、これら光偏向器7、レンズ群83、瞳伝送レンズ9および光偏向器10より成る走査光学系80全体も、第1図

A, Bに示した走査光学系60と同様に一体に移動可能に構成する。

第3図Aは、第7図に示したように対物レンズを交換したために、投影された対物レンズ30の瞳31の像32の位置と光偏向器10の位置とが一致していない、すなわち光偏向器10と対物レンズ30の瞳31の位置とが共役の関係になっていない状態を示し、第3図Bは走査光学系80全体を一体に移動させることにより、光偏向器10の位置と投影された対物レンズ30の瞳31の像32の位置とを一致させると共に、光偏向器7およびレンズ群83の位置を調整することにより、対物レンズ30の瞳31に光束が過不足無く入射するように走査光学系80において光束径を拡大した状態を示す。

以下、この実施例における光束径の変換作用について説明する。

上記構成において、レンズ群83を構成する凹レンズ81の焦点距離を $f_{11}$ 、凸レンズ82の焦点距離を $f_{12}$ 、凹レンズ81および凸レンズ82の間隔を $t$ とすると、レンズ群83の合成焦点距離 $f$ は、

$$1/f = 1/f_{11} + 1/f_{12} - t / (f_{11} \times f_{12})$$

となる。したがって、凹レンズ81および凸レンズ82を相対的に移動させてそれらの間隔 $t$ を変化させれば、レンズ群83の焦点距離 $f$ を変化させることができ、これにより光束径を連続的に変化させることができる。ここで、レンズ群83の焦点距離 $f$ を変化させると、それに伴ってその前側焦点位置および後側焦点位置が変わるので、レンズ群83全体を移動させて、その後側焦点位置を瞳伝送レンズ9の前側焦点位置に一致させると共に、光偏向器7を移動させて、該光偏向器7をレンズ群83の前側焦点位置に一致させる。

このように、この実施例においては、走査光学系80に光束径の変換機能をもたせるようにしたので、第1実施例の効果に加え、構成をより簡単にできるという効果がある。

第4図はこの発明の第3実施例の要部の構成を示すものである。この実施例は、試料からの反射光を光偏向器91、瞳伝送レンズ92、折り返しミラー93、瞳伝送レンズ94、光偏向器95、ミラー96,97

およびビームスプリッタ98を経て検出光学系99で受光するようにしたものにおいて、光偏向器91を対物レンズ（図示せず）の瞳の像100の位置に一致させるために、光偏向器91、瞳伝送レンズ92、折り返しミラー93、瞳伝送レンズ94および光偏向器95を有する走査光学系を矢印101で示す方向に一体に移動可能に構成すると共に、この走査光学系の移動に連動してミラー96を同様に矢印101で示す方向に移動させて、ミラー96と光偏向器95との光軸102を一致させるようにしたものである。なお、第4図において、破線は走査光学系およびミラー96の移動前の状態を、実線はそれらの移動後の状態を示す。

したがって、この実施例によれば、第1実施例と同様に、対物レンズの交換による瞳位置のずれを、光偏向器91の位置と投影される対物レンズの瞳の像100の位置とが一致するように容易に補正することができる。

なお、この発明は上述した実施例にのみ限定されるものではなく、幾多の変形または変更が可能

である。例えば、第2実施例ではレンズ群83の焦点距離を変化させるようにしたが、レンズ群83および瞳伝送レンズ9の双方の焦点距離を変化させるようにしてもよいし、瞳伝送レンズ9をレンズ群83と同様に構成してその焦点距離のみを変化させるようにしてもよい。また、焦点距離を変化させる光学系は、上述した凹レンズ81および凸レンズ82を有するレンズ群83に限らず、焦点可変レンズやズームレンズを用いることもできる。なお、上記の凹レンズ81および凸レンズ82を有するレンズ群83を用いる場合において、凹レンズ81の焦点距離 $f_{11}$ を変化させる場合には、この凹レンズ81の焦点距離 $f_{11}$ と光偏向器7での光束の偏向角 $\theta$ との間には、

$$f_{11} \times \theta = \text{一定}$$

の関係があるので、光偏向器7での偏向角 $\theta$ も変化させるよう構成する。

さらに、第3実施例では、ビームスプリッタ98をミラー97の手前に配置したが、これを光偏向器95とミラー96との間に配置することもできる。こ

の場合には、走査光学系の移動に連動してビームスプリッタ98および検出光学系99をも移動させるようにする。

#### 〔発明の効果〕

以上のように、この発明によれば、第1の光偏向素子、第2の光偏向素子および瞳伝送光学系の少なくとも一つを移動可能に構成したので、対物レンズの交換に応じて、第1の光偏向素子および第2の光偏向素子を、交換された対物レンズの瞳位置に対して共役な位置に容易に調整することができる。また、光束径変換光学系を設けて、第2の光偏向素子に入射する光の光束径を調整し得るよう構成したので、対物レンズを交換してもその瞳に対して光束を過不足無く通過させることができ、したがって光源からの光を常に効率良く利用することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図AおよびBはこの発明の第1実施例を示す図、

第2図AおよびBは第1図に示す光束径変換光

学系の一例の構成を示す図、

第3図AおよびBはこの発明の第2実施例の要部の構成を示す図、

第4図はこの発明の第3実施例の要部の構成を示す図、

第5図、第6図、第7図、第8図および第9図は従来の技術を説明するための図である。

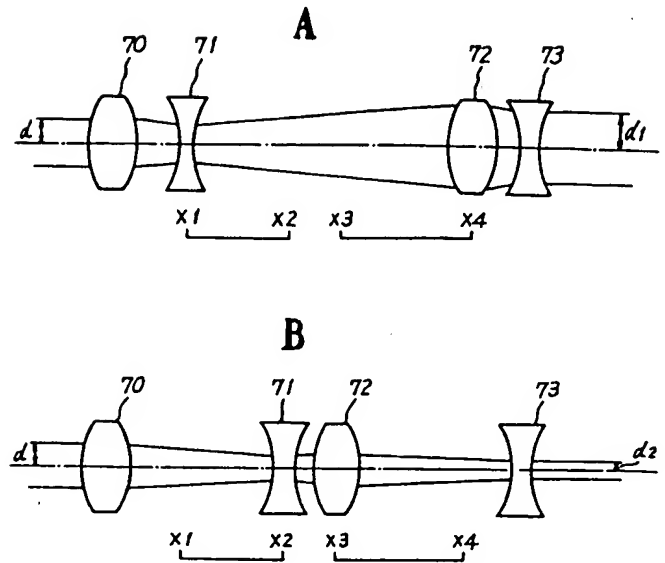
- |             |             |
|-------------|-------------|
| 1…光源        | 2…レーザビーム    |
| 3…対物レンズ     | 4…試料        |
| 5…ビームエキスパンダ |             |
| 6…ビームスプリッタ  | 7, 10…光偏向器  |
| 8, 9…瞳伝送レンズ | 11…瞳投影レンズ   |
| 12…結像レンズ    | 13…コンデンサレンズ |
| 14, 16…光検出器 | 15…対物レンズ    |
| 30…対物レンズ    | 31…瞳        |
| 32…瞳の像      | 60…走査光学系    |
| 61…光束径変換光学系 | 62…軸上光線     |
| 63…軸外光線     | 70, 73…凸レンズ |
| 71, 72…凹レンズ | 80…走査光学系    |
| 81…凹レンズ     | 82…凸レンズ     |

- |                |                |
|----------------|----------------|
| 83... レンズ群     | 91,95 ... 光偏向器 |
| 92... 瞳伝送レンズ   | 93... 折り返しミラー  |
| 94... 瞳伝送レンズ   | 96,97 ... ミラー  |
| 98... ビームスプリッタ | 99... 検出光学系    |
| 100 ... 瞳の像    | 102 ... 光軸     |

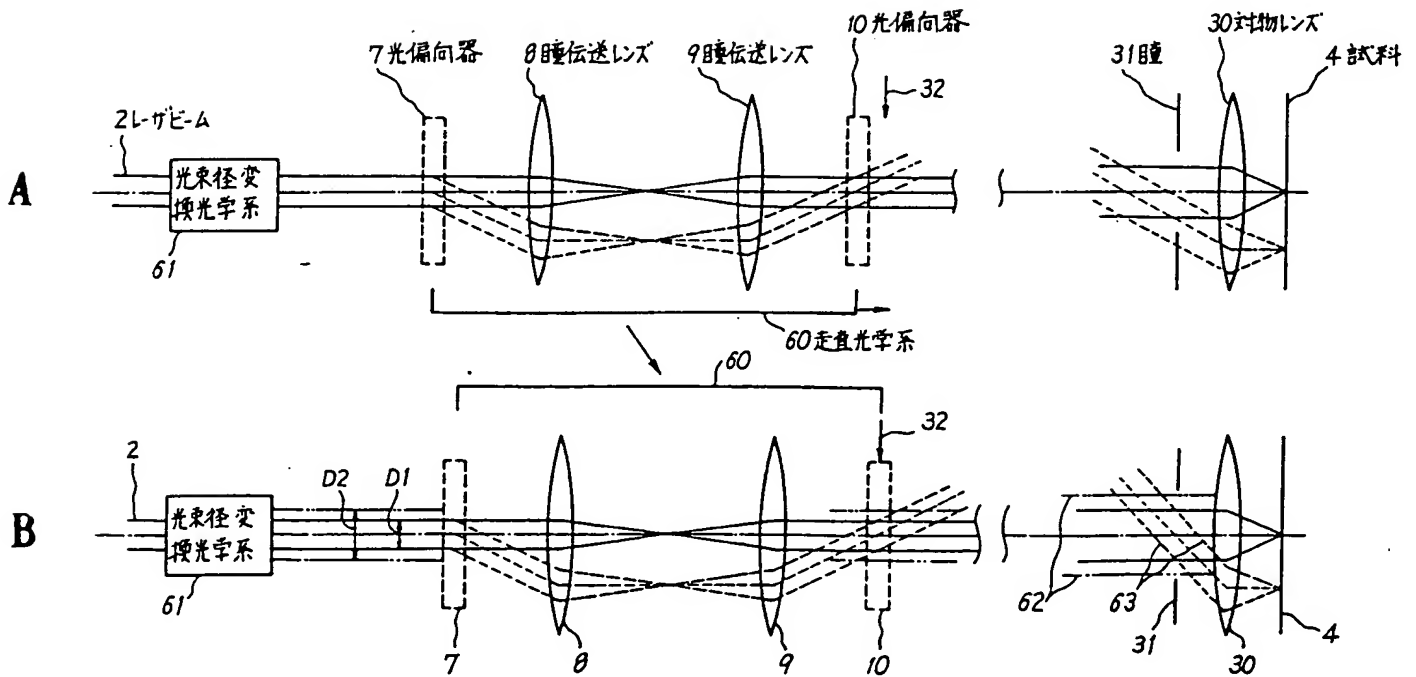
特許出願人 オリンパス光学工業株式会社

代理人	弁理士	杉	村	曉	秀
同	弁理士	杉	村	興	作
同	弁理士	佐	藤	安	徳
同	弁理士	富	田		典
同	弁理士	梅	本	政	夫
同	弁理士	仁	平		孝

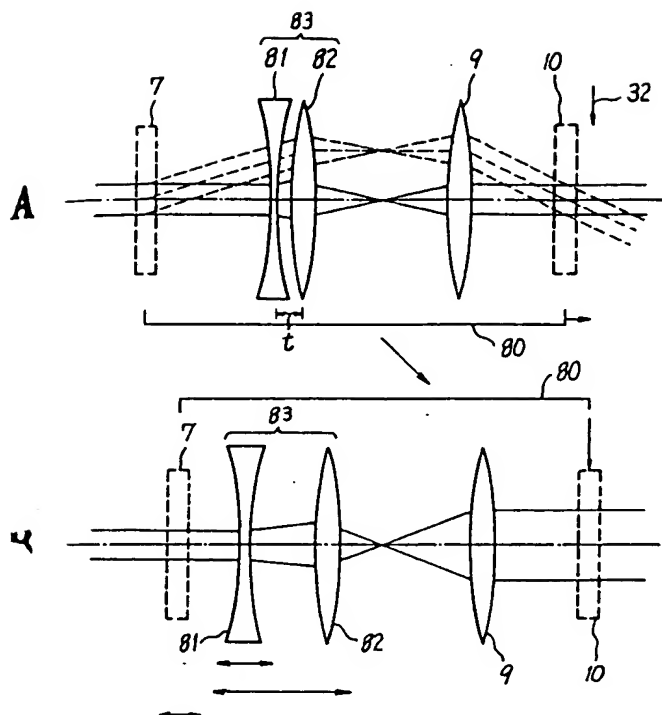
第2図



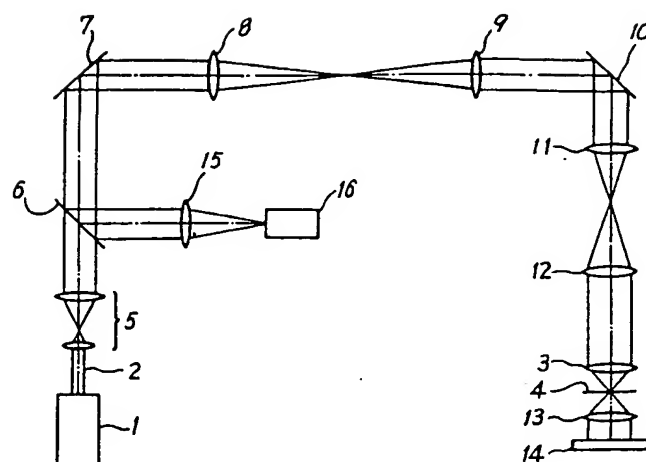
第1図



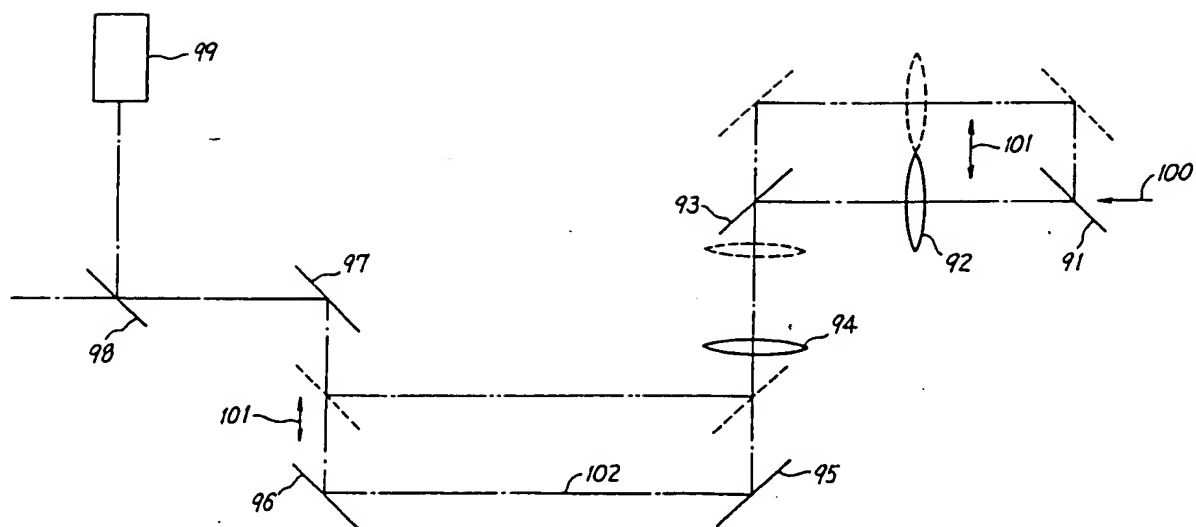
第 3 図



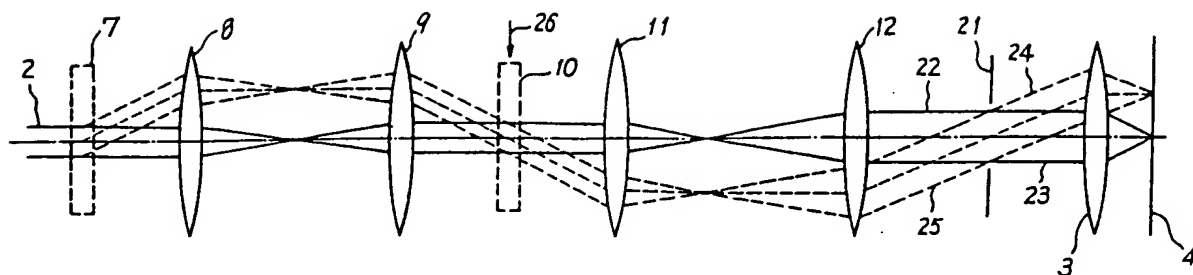
第 5 図



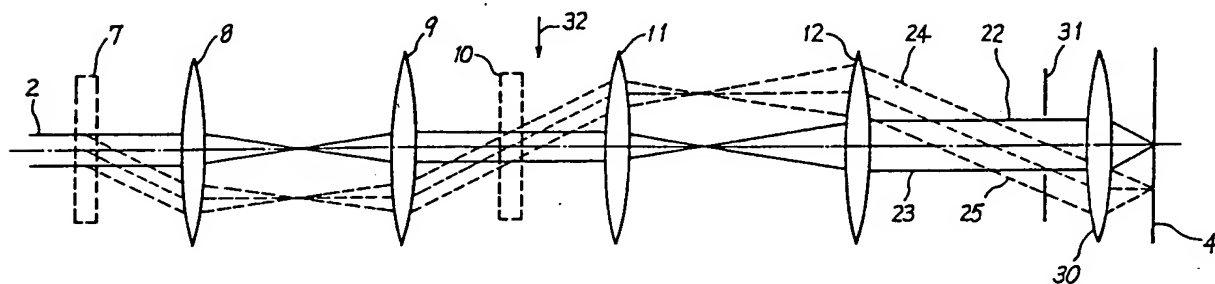
第 4 図



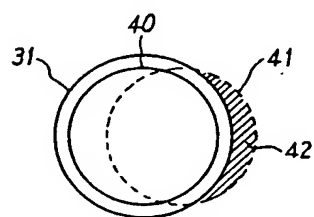
第 6 図



第 7 図



第 8 図



第 9 図

